

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-141644

(43)Date of publication of application : 23.05.2000

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

(21)Application number : 10-314585

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 05.11.1998

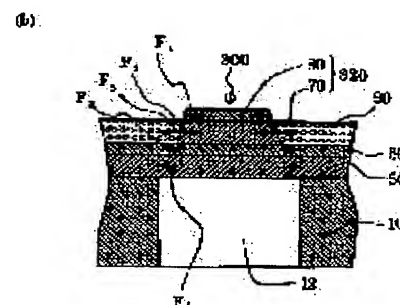
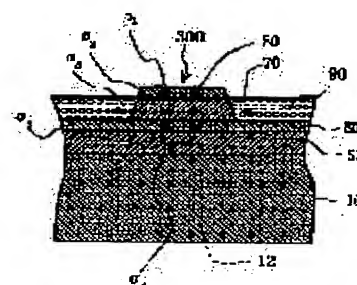
(72)Inventor : SHIMADA KATSUTO

## (54) INK JET RECORDING HEAD AND INK JET RECORDED

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ink jet recording head and an ink jet recorder capable of preventing a decrease in piezoelectric property of a piezoelectric material layer.

**SOLUTION:** There is disclosed an ink jet recording head wherein a piezoelectric element 300 having a lower electrode 60, a piezoelectric material layer 70 and an upper electrode 80 is formed in a region corresponding to a pressure generating chamber 12 with a diaphragm forming a part of the pressure generating chamber 12 communicating with a nozzle therebetween. Both end sections at both sides in the width direction of the piezoelectric material layer 70 forming the piezoelectric element 300 are placed in a region opposite to the pressure generating chamber 12. A tensile membrane 90 having a tensile stress is continuously provided in each of at least both sides in the width direction of the piezoelectric material layer 70, thereby preventing a decrease in piezoelectric characteristic of the piezoelectric material layer 70.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the ink jet type recording head which formed in the field corresponding to said pressure generating room the piezoelectric device which has a bottom electrode, a piezo electric crystal layer, and a top electrode through the diaphragm which constitutes a part of pressure generating room which is open for free passage to a nozzle orifice The ink jet type recording head which is located in the field where the edge of the crosswise both sides of said piezo electric crystal layer which constitutes said piezoelectric device counters said pressure generating room, and is characterized by preparing continuously the tension film of the piezo electric crystal layer concerned which has tensile stress on crosswise both sides at least.

[Claim 2] It is the ink jet type recording head characterized by for said tension film contacting the end face by the side of the crosswise ends of said piezo electric crystal layer in claim 1, and being prepared.

[Claim 3] It is the ink jet type recording head characterized by for said tension film contacting the end face by the side of the crosswise ends of said piezo electric crystal layer and said top electrode in claim 1, and being prepared.

[Claim 4] It is the ink jet type recording head characterized by said tension film having covered the top face of said top electrode in claim 3.

[Claim 5] It is the ink jet type recording head characterized by said tension film consisting of an insulating ingredient in claim 1.

[Claim 6] It is the ink jet type recording head which sets they to be [ any of claims 1-5 ], and is characterized by said tension film serving as the environmental protection-proof film.

[Claim 7] It is the ink jet type recording head which sets they to be [ any of claims 1-6 ], and is characterized by said tension film serving as an interlayer insulation film.

[Claim 8] It is the ink jet type recording head which sets they to be [ any of claims 1-4 ], and is characterized by said tension film consisting of an organic material.

[Claim 9] It is the ink jet type recording head which sets they to be [ any of claims 1-4 ], and is characterized by said tension film consisting of a conductive ingredient.

[Claim 10] It is the ink jet type recording head characterized by said tension film serving as a top electrode in claim 1.

[Claim 11] The ink jet type recording head characterized by setting they being [ any of claims 1-10 ], forming said pressure generating room in a silicon single crystal substrate of anisotropic etching, and forming each class of said piezoelectric device by membrane formation and the lithography method.

[Claim 12] The ink jet type recording device characterized by providing which ink jet type recording head of claims 1-11.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention constitutes a part of nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink droplet, and pressure generating room open for free passage from a diaphragm, prepares a piezoelectric device through this diaphragm, and relates to the ink jet type recording head and ink jet type recording device which make an ink droplet breathe out with the variation rate of this piezoelectric device.

[0002]

[Description of the Prior Art] A part of nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink droplet, and pressure generating room open for free passage are constituted from a diaphragm, and two kinds are put in practical use by the ink jet type recording head which makes this diaphragm transform by the piezoelectric device, and the ink of a pressure generating room is pressurized [ recording head ], and makes an ink droplet breathe out from a nozzle orifice although what used the piezoelectric device in the longitudinal-oscillation mode elongated and contracted, and the piezoelectric device of the bending oscillation mode were used for the shaft orientations of a piezoelectric device.

[0003] The former can change the volume of a pressure generating room by making the end face of a piezoelectric device contact a diaphragm, and while the fabrication of the head suitable for high density printing is possible, a piezoelectric device is made in agreement with the array pitch of a nozzle orifice, the difficult process of carving in the shape of a ctenidium, and the activity which positions the piezoelectric device which was able to be carved in a pressure generating room, and is fixed are needed, and it has the problem that a production process is complicated.

[0004] On the other hand, the green sheet of piezoelectric material is stuck according to the configuration of a pressure generating room, a certain amount of area is needed for a diaphragm at the comparatively easy process of calcinating this, on the relation using the bending oscillation of what can fix a piezoelectric device, and the latter has the problem that a high density array is difficult.

[0005] On the other hand, that the inconvenience of the latter recording head should be canceled, what formed the piezoelectric device so that might continue on the surface of [ whole ] a diaphragm, a uniform piezoelectric-material layer might be formed with a membrane formation technique, this piezoelectric-material layer might be carved into the configuration corresponding to a pressure generating room by the lithography method and it might become independent for every pressure generating room is proposed so that JP,5-286131,A may see.

[0006] There is an advantage it not only can fix a piezoelectric device by the simple technique of the lithography method precisely, but that the activity which sticks a piezoelectric device on a diaphragm becomes unnecessary according to this, and can make thickness of a piezoelectric device thin and high-speed actuation is attained. In addition, the piezoelectric device corresponding to each pressure generating room can be driven by preparing only a top electrode for every pressure generating room at least, preparing a piezoelectric-material layer on the surface of [ whole ] a diaphragm in this case.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the manufacture approach by the thin film technology and the lithography method which were mentioned above, although a pressure generating room is formed after patterning of a thin film, in that case, the internal stress of a piezo electric crystal layer is eased, and the tensile stress of a piezo electric crystal layer can weaken under the effect of the internal stress of a bottom electrode, and there is a problem that a piezo-electric property falls and a regurgitation property falls. When the compression film exists in the both sides of a piezo electric crystal layer especially, a piezo-electric property tends to fall.

[0008] This invention makes it a technical problem to offer the ink jet type recording head and ink jet type recording device which suppressed lowering of the piezo-electric property of a piezo electric crystal layer in view of such a situation.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The 1st mode of this invention which solves the above-mentioned technical problem to the field corresponding to said pressure generating room through the diaphragm which constitutes a part of pressure generating room which is open for free passage to a nozzle orifice A bottom electrode, In the ink jet type recording head in which the piezoelectric device which has a piezo electric crystal layer and a top electrode was formed It is located in the field where the edge of the crosswise both sides of said piezo electric crystal layer which constitutes said piezoelectric device counters said pressure generating room, and is in the ink jet type recording head characterized by preparing continuously the tension film of the piezo electric crystal layer concerned which has tensile stress on crosswise both sides at least.

[0010] In this 1st mode, the tension of the tension film acts on a piezo electric crystal layer, and a piezo-electric property is maintained.

[0011] The 2nd mode of this invention has said tension film in the ink jet type recording head characterized by being contacted and prepared in the end face by the side of the crosswise ends of said piezo electric crystal layer in the 1st mode.

[0012] In this 2nd mode, a piezo electric crystal layer is certainly pulled crosswise by the tension film.

[0013] The 3rd mode of this invention has said tension film in the ink jet type recording head characterized by being contacted and prepared in the end face by the side of the crosswise ends of said piezo electric crystal layer and said top electrode in the 1st mode.

[0014] The tension of the stronger tension film acts on a piezo electric crystal layer in this 3rd mode.

[0015] The 4th mode of this invention has said tension film in the ink jet type recording head characterized by having covered the top face of said top electrode in the 3rd mode.

[0016] In this 4th mode, the tension film can be formed easily.

[0017] In the 1st mode, said tension film has the 5th mode of this invention in the ink jet type recording head characterized by consisting of an insulating ingredient.

[0018] An insulation of a top electrode can be maintained in this 5th mode.

[0019] The 6th mode of this invention has said tension film in the ink jet type recording head characterized by serving as the environmental protection-proof film in which 1-5th modes.

[0020] In this 6th mode, the piezo electric crystal active section and elastic membrane are protected from an external environment.

[0021] The 7th mode of this invention has said tension film in the ink jet type recording head characterized by serving as an interlayer insulation film in which 1-6th modes.

[0022] In this 7th mode, a piezoelectric device and a lead electrode are connected in the contact hole of the field which counters a pressure generating room.

[0023] The 8th mode of this invention has said tension film in the ink jet type recording head characterized by consisting of an organic material in which 1-4th modes.

[0024] In this 8th mode, it has tensile stress and the tension film which gives tension effective in a bottom electrode can be formed.

[0025] the 9th mode of this invention -- which 1-4th voice -- it sets like and said tension film is in the ink jet type recording head characterized by consisting of a conductive ingredient.

[0026] In this 9th mode, the construction material of the film which has tensile stress can be

chosen.

[0027] The 10th mode of this invention has said tension film in the ink jet type recording head characterized by serving as a top electrode in the 1st mode.

[0028] In this 10th mode, a top electrode turns into a common electrode.

[0029] The 11th mode of this invention is in the ink jet type recording head characterized by forming said pressure generating room in a silicon single crystal substrate of anisotropic etching, and forming each class of said piezoelectric device by membrane formation and the lithography method in which 1-10th modes.

[0030] In this 11th mode, the ink jet type recording head which has the nozzle orifice of high density can be manufactured in large quantities and comparatively easily.

[0031] The 12th mode of this invention is in the ink jet type recording device characterized by providing the ink jet type recording head of which 1-11th modes.

[0032] In this 12th mode, the ink jet type recording device which improved the regurgitation property of a head is realizable.

[0033]

[Embodiment of the Invention] This invention is explained at a detail based on an operation gestalt below.

[0034] (Operation gestalt 1) Drawing 1 is the decomposition perspective view showing the ink jet type recording head concerning the operation gestalt 1 of this invention, and drawing 2 is drawing showing the cross-section structure in the longitudinal direction of a top view and its one pressure generating room.

[0035] The passage formation substrate 10 consists of a silicon single crystal substrate of field bearing (110) with this operation gestalt so that it may illustrate. As a passage formation substrate 10, a thing with a thickness of about 150-300 micrometers is used, and about 180-280 micrometers of things with a thickness of about 220 micrometers are usually more desirably suitable desirably. This is because an array consistency can be made high, maintaining the rigidity of the septum between adjoining pressure generating rooms.

[0036] One field of the passage formation substrate 10 turns into an effective area, and the elastic membrane 50 with a thickness of 0.1-2 micrometers which consists of diacid-ized silicon beforehand formed by thermal oxidation is formed in the field of another side.

[0037] On the other hand, the nozzle orifice 11 and the pressure generating room 12 are formed in the effective area of the passage formation substrate 10 by carrying out anisotropic etching of the silicon single crystal substrate.

[0038] If anisotropic etching is immersed in alkali solutions, such as a potassium hydroxide, a silicon single crystal substrate here It is eaten away gradually and nothing, and the above-mentioned (110) field and the 2nd field (111) which makes the include angle of about 35 degrees appear the 1st field (111) vertical to a field (110), this 1st field (111), and the include angle of about 70 degrees. (110) It is carried out using the property in which the etching rate of a field (111) is about 1/180 as compared with the etching rate of a field. By this anisotropic etching, precision processing can be performed on the basis of depth processing of the shape of the 1st two field (111) and a parallelogram formed in respect of [ slanting / two ] the 2nd (111), and the pressure generating room 12 can be arranged to high density.

[0039] The long side of each pressure generating room 12 is formed, and the shorter side is formed in respect of the 2nd (111) in respect of the 1st (111) with this operation gestalt. This pressure generating room 12 is formed by etching until it penetrates the passage formation substrate 10 mostly and reaches elastic membrane 50. In addition, elastic membrane 50 has the very small amount invaded by the alkali solution which etches a silicon single crystal substrate.

[0040] On the other hand, each nozzle orifice 11 which is open for free passage at the end of each pressure generating room 12 is formed more shallowly [ narrow ] than the pressure generating room 12. That is, the nozzle orifice 11 is formed by etching a silicon single crystal substrate in the thickness direction to the middle (half etching). In addition, half etching is performed by adjustment of etching time.

[0041] Here, the magnitude of the pressure generating room 12 which gives an expulsion-of-an-ink-droplet pressure to ink, and the magnitude of the nozzle orifice 11 which carries out the

regurgitation of the ink droplet are optimized according to the amount of the ink droplet which carries out the regurgitation, regurgitation speed, and a regurgitation frequency. For example, when recording 360 ink droplets per inch, it is necessary to form a nozzle orifice 11 with a sufficient precision with the flute width of dozens of micrometers.

[0042] Moreover, each pressure generating room 12 and the common ink room 31 mentioned later are opened for free passage through the ink supply free passage opening 21 formed in the location corresponding to the end section of each pressure generating room 12 of the closure plate 20 mentioned later, respectively, and ink is supplied from the common ink room 31 through this ink supply free passage opening 21, and is distributed to each pressure generating room 12.

[0043] The closure plate 20 consists of crystallized glass with which the ink supply free passage opening 21 corresponding to each above-mentioned pressure generating room 12 was drilled and which thickness is 0.1-1mm, and coefficient of linear expansion is 300 degrees C or less, for example, is  $2.5-4.5 [ \times 10^{-6} / \text{degree C} ]$ . In addition, the ink supply free passage opening 21 may be two or more slit [ A / which crosses near the ink supply side edge section of each pressure generating room 12 / one slit hole 21] hole 21B, as shown in drawing 3 (a) and (b). As for the closure plate 20, the duty of the back up plate which protects a bonnet and a silicon single crystal substrate from an impact or external force extensively also achieves the whole surface of the passage formation substrate 10 in respect of one side. Moreover, on the other hand, the closure plate 20 comes out, and constitutes one wall surface of the common ink room 31.

[0044] The common ink room formation substrate 30 forms the peripheral wall of the common ink room 31, pierces the stainless plate of proper thickness according to nozzle numerical aperture and an expulsion-of-an-ink-droplet frequency, and is produced. With this operation gestalt, thickness of the common ink room formation substrate 30 is set to 0.2mm.

[0045] The ink room side plate 40 consists of a stainless steel substrate, and constitutes one wall surface of the common ink room 31 from one field. Moreover, by forming crevice 40a in a part of field of another side by half etching, a thin wall 41 is formed and blanking formation of the ink inlet 42 which receives the ink supply from the outside is carried out further at the ink room side plate 40. In addition, a thin wall 41 is for absorbing the nozzle orifice 11 generated in the case of expulsion of an ink droplet, and the pressure which goes to an opposite hand, and prevents that an unnecessary forward or negative pressure joins other pressure generating rooms 12 via the common ink room 31. Although the ink room side plate 40 is set to 0.2mm and the part is used as the thin wall 41 with a thickness of 0.02mm with this operation gestalt in consideration of rigidity required at the time of connection between the ink inlet 42 and an external ink supply means etc., in order to omit formation of the thin wall 41 by half etching, it is good also as 0.02mm from the start in the thickness of the ink room side plate 40.

[0046] On the other hand, with the effective area of the passage formation substrate 10, on the elastic membrane 50 of an opposite hand, laminating formation is carried out in the process which thickness mentions [ thickness ] later with the bottom electrode layer 60 which is about 0.5 micrometers, and the electrode layer 80 when it is about 0.1 micrometers mentions [ the piezo electric crystal film 70 which is about 1 micrometer, and thickness ] later, and the piezoelectric device 300 is constituted. Here, a piezoelectric device 300 says the part containing the bottom electrode layer 60, the piezo electric crystal film 70, and the top electrode layer 80. Generally, one electrode of the piezoelectric devices 300 is used as a common electrode, every pressure generating room 12, patterning of the electrode and the piezo electric crystal film 70 of another side is carried out, and they are constituted. And it consists of one of the electrodes and the piezo electric crystal film 70 by which patterning was carried out here, and the part which a piezo-electric distortion produces by impression of the electrical potential difference to two electrodes is called piezo electric crystal active section 320. Although the bottom electrode layer 60 considers as the common electrode of a piezoelectric device 300 and the top electrode layer 80 is used as the individual electrode of a piezoelectric device 300 with this operation gestalt, it is convenient even if it makes this into reverse on account of an actuation circuit or wiring. In the case of which, the piezo electric crystal active section will be formed for every pressure generating room. Moreover, an electrostrictive actuator is called here together with the diaphragm which a variation rate produces by actuation of a piezoelectric device 300 and the

piezoelectric device 300 concerned. In addition, with this operation gestalt, the bottom electrode layer 60 and elastic membrane 50 act as a diaphragm.

[0047] Here, the process which forms piezo electric crystal film 70 grade on the passage formation substrate 10 which consists of a silicon single crystal substrate is explained, referring to drawing 4.

[0048] As shown in drawing 4 (a), the elastic membrane 50 which oxidizes thermally the wafer of the silicon single crystal substrate used as the passage formation substrate 10 with about 1100-degree C diffusion furnace first, and consists of diacid-ized silicon is formed.

[0049] Next, as shown in drawing 4 (b), the bottom electrode layer 60 is formed by sputtering. As an ingredient of the bottom [ this ] electrode layer 60, platinum etc. is suitable. The below-mentioned piezo electric crystal film 70 which this forms with the sputtering method or a sol-gel method is because it is necessary to make it calcinate and crystallize at the temperature of about 600-1000 degrees C under an atmospheric-air ambient atmosphere or an oxygen ambient atmosphere after membrane formation. That is, when conductivity must be able to be held under such an elevated temperature and an oxidizing atmosphere and titanite-acid lead zirconate is especially used as piezo electric crystal film 70, as for the ingredient of the bottom electrode layer 60, it is desirable for there to be little conductive change by diffusion of lead oxide, and platinum is suitable for it from these reasons.

[0050] Next, as shown in drawing 4 (c), the piezo electric crystal film 70 is formed. Although the sputtering method can also be used for membrane formation of this piezo electric crystal film 70, with this operation gestalt, spreading desiccation is carried out, the so-called sol which dissolved and distributed the metal organic substance at the solvent is gelled, and the so-called sol-gel method which obtains the piezo electric crystal film 70 which consists of a metallic oxide by calcinating at an elevated temperature further is used. As an ingredient of the piezo electric crystal film 70, when the ingredient of a titanite-acid lead zirconate (PZT) system uses it for an ink jet type recording head, it is suitable.

[0051] Next, as shown in drawing 4 (d), the top electrode layer 80 is formed. The top electrode layer 80 can use a metal, a conductive oxide, etc. of many, such as aluminum, gold, nickel, and platinum, that what is necessary is just a conductive high ingredient. With this operation gestalt, platinum is formed by sputtering.

[0052] Next, as shown in drawing 5 (a), the piezo electric crystal film 70 and the top electrode layer 80 are etched, and patterning of the piezo electric crystal active section 320 is performed.

[0053] At this time, with this operation gestalt, patterning of the piezo electric crystal film 70 and the top electrode layer 80 is continuously carried out on the peripheral wall of the pressure generating room 12 from the longitudinal direction end section of the piezo electric crystal active section 320, the top electrode layer 80 is used as the individual electrode of each piezo electric crystal active section 320, and the bottom electrode layer 60 is used as the common electrode.

[0054] Next, as shown in drawing 5 (b), the tension film 90 is formed. The tension film 90 is an insulating ingredient, and its ingredient which has tensile stress after film formation is desirable, and it can use oxide films, such as titanium oxide and a zirconium dioxide, for organic film, such as polyimide resin and a fluororesin, and a list.

[0055] Furthermore, as shown in drawing 5 (c), the tension film 90 is etched and the tension film on the piezo electric crystal active section 320 is removed. Thereby, improvement in the amount of displacement of the piezo electric crystal active section 320 is in drawing.

[0056] The above is a film formation process. Thus, after performing film formation, as shown in drawing 5 (d), anisotropic etching of the silicon single crystal substrate by the alkali solution mentioned above is performed, and pressure generating room 12 grade is formed. The condition of the force which the piezo electric crystal active section 320 at this time receives is explained below. In addition, drawing 6 is drawing having shown typically the condition of stress of generating the pressure generating room 12 on each class before and behind formation by etching.

[0057] As shown in drawing 6 (a), before pressure generating room 12 formation, the bottom electrode layer 60, the piezo electric crystal film 70, the top electrode layer 80, and the tension film 90 have tensile stress  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_1$ , and  $\sigma_5$ , respectively, and elastic



membrane 50 has compressive-stress  $\sigma_4$ . Therefore, if the pressure generating room 12 is formed under the piezo electric crystal active section 320 as shown in drawing 6 (b) It becomes the force  $F_3$ ,  $F_2$ , and  $F_1$  of the tensile stress  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$ , and  $\sigma_1$  of the bottom electrode layer 60 and the piezo electric crystal film 70 top electrode layer 80 being released, and acting in the compression direction. Compressive-stress  $\sigma_4$  of elastic membrane 50 become the force  $F_4$ , i.e., the force of acting in the direction which pulls the piezo electric crystal film 70, of it being released and acting in the direction of tension. Moreover, although it becomes the force  $F_5$  of tensile stress  $\sigma_5$  of the tension film 90 being released, and acting in the compression direction, since it is prepared in the crosswise both sides of the piezo electric crystal film 70, the tension film 90 serves as the force of acting in the direction which pulls the piezo electric crystal film 70 substantially, in the field which counters the pressure generating room 12. Thus, since the force of the direction of tension acts on the piezo electric crystal film 70 strongly conventionally, lowering of the piezo-electric property of the piezo electric crystal film 70 can be suppressed. Moreover, on suitable conditions, the original piezo-electric property of the piezo electric crystal film 70 is maintainable.

[0058] in addition, when the tension film 90 is not formed Since the bottom electrode layer 60, the piezo electric crystal film 70, and the top electrode layer 80 have tensile stress  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$ , and  $\sigma_1$  before formation of the pressure generating room 12, respectively as shown in drawing 7 (a) If the pressure generating room 12 is formed, as shown in drawing 7 (b), tensile stress  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$ , and  $\sigma_1$  will be released, and will turn into compressive force  $F_3$ ,  $F_2$ , and  $F_1$ . That is, the force of the strong compression direction will act on the piezo electric crystal film 70, and a piezo-electric property will fall.

[0059] A series of film formation and anisotropic etching which were explained above form much chips simultaneously on one wafer, and divide them after process termination every passage formation substrate 10 of one chip size as shown in drawing 1 . Moreover, sequential adhesion is carried out with the closure plate 20, the common ink room formation substrate 30, and the ink room side plate 40, and it unifies, and let the divided passage formation substrate 10 be an ink jet type recording head.

[0060] Thus, the constituted ink jet head Ink is incorporated from the ink inlet 42 linked to the external ink supply means which is not illustrated. After filling the interior with ink until it results [ from the common ink room 31 ] in a nozzle orifice 11, By impressing an electrical potential difference between the top electrode layer 80 and the bottom electrode layer 60, bending and making elastic membrane 50, the bottom electrode layer 60, and the piezo electric crystal film 70 transform according to the record signal from the actuation circuit of the exterior which is not illustrated, the pressure in the pressure generating room 12 increases, and an ink droplet carries out the regurgitation from a nozzle orifice 11.

[0061] In addition, although the tension film 90 on the piezo electric crystal active section 320 is removed and it was made to prepare only in the crosswise both sides of the piezo electric crystal film 70 with this operation gestalt, it is not limited to this, for example, each piezo electric crystal active section 320 is covered, and you may make it form the tension film 90 continuously. In this case, you may make it the tension film 90 serve as an environmental-proof (moisture-proof) protective coat, and, thereby, lowering of the piezo-electric property of the piezo electric crystal layer 70 can be suppressed.

[0062] Moreover, in order that you may make it the tension film 90 serve as an interlayer insulation film and it may connect the top face of the part corresponding to the end section of each piezo electric crystal active section 320 of the tension film 90 with the exterior in this case at a part of wrap part, the contact hole to which a part of top electrode layer 80 is exposed and which is not illustrated is formed, and you may enable it to supply a driving signal to each up electrode layer 80 through this contact hole.

[0063] (Operation gestalt 2) Drawing 8 is the important section top view and sectional view of an ink jet type recording head concerning the operation gestalt 2.

[0064] With this operation gestalt, as shown in drawing 8 , patterning of the bottom electrode layer 60 is carried out so that it may be located in the field where the crosswise both ends counter the pressure generating room 12, and it is installed on a peripheral wall from the

longitudinal direction end section of the pressure generating room 12, and serves as an individual electrode of each piezo electric crystal active section 320. Moreover, on the bottom [ this ] electrode layer 60, the crosswise both ends of the bottom electrode layer 60 are covered, the piezo electric crystal film 70 is formed, and the tension film 90 which has tensile stress is formed in those crosswise both sides like the operation gestalt 1, without the top electrode layer 80 contacting.

[0065] On the other hand, the top electrode layer 80 is installed on the peripheral wall of the pressure generating room 12 from the longitudinal direction end section of the piezo electric crystal active section 320, is installed from each piezo electric crystal active section 320, is connected with a top electrode layer, and serves as a common electrode.

[0066] In addition, since patterning of the bottom electrode layer 60 is carried out, he constitutes a diaphragm from elastic membrane 50 and insulator film 55, and is trying to hold the reinforcement of a diaphragm with this operation gestalt.

[0067] Although such a manufacture approach especially of the ink jet type recording head of this operation gestalt was not limited, it was formed as follows with this operation gestalt.

[0068] First, as shown in drawing 9 (a), the insulator film 55 is formed on the elastic membrane 50 formed on the passage formation substrate 10 like the operation gestalt 1. As for this insulator film 55, it is desirable to be formed with the oxide of at least a kind of element chosen from the good ingredient of adhesion with the piezo electric crystal film 70, for example, the configuration element of the piezo electric crystal film 70, or a nitride. With this operation gestalt, it considered as the insulator film 55 which oxidizes thermally with about 1150-degree C diffusion furnace after forming a zirconium layer on elastic membrane 50, and consists of a zirconium dioxide.

[0069] Next, as shown in drawing 9 (b), the bottom electrode layer 60 is formed by sputtering, and patterning is carried out so that it may be located in the field where the edge of crosswise both sides counters the field corresponding to the pressure generating room 12 at least at the pressure generating room 12.

[0070] next, it is shown in drawing 9 (c) -- as -- the piezo electric crystal film 70 and the top electrode layer 80 -- membrane formation -- and patterning is carried out and the piezo electric crystal active section 320 is formed. At this time, at least, the piezo electric crystal film 70 carries out patterning of the side face of the crosswise ends of the bottom electrode layer 60 so that it may be located in the field where the crosswise ends of a bonnet and the piezo electric crystal film 70 counter the pressure generating room 12.

[0071] Subsequently, as shown in drawing 9 (d), the tension film 90 on the piezo electric crystal active section 320 is removed after forming the tension film 90, and patterning is carried out so that only the crosswise both sides of the piezo electric crystal film 70 may not be contacted at the top electrode layer 80.

[0072] Then, although the passage formation substrate 10 is etched and the pressure generating room 12 is formed, the condition of the force which takes for the piezo electric crystal active section 320 of this operation gestalt then is shown below.

[0073] As shown in drawing 10 (a), before pressure generating room 12 formation, the bottom electrode layer 60, the piezo electric crystal film 70, the top electrode layer 80, and the tension film 90 have tensile stress  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_1$ , and  $\sigma_5$ , respectively, and elastic membrane 50 and the insulator film 55 have compressive stress  $\sigma_4$  and  $\sigma_6$ . Therefore, if the pressure generating room 12 is formed under the piezo electric crystal active section 320 as shown in drawing 10 (b), it will act in the direction in which the force in which the stress of elastic membrane 50, the insulator film 55, and the tension film 90 was released as well as the operation gestalt 1 pulls the piezo electric crystal film 70.

[0074] Therefore, also in this operation gestalt, lowering of the piezo-electric property of the piezo electric crystal film 70 can be suppressed like the operation gestalt 1. Moreover, with this operation gestalt, since the crosswise both sides of the bottom electrode layer 60 are covered with the piezo electric crystal film 70, it insulates between the tension film 90 and the bottom electrode layer 60. Therefore, if the tension film 90 is formed so that the top electrode layer 80 may not be contacted like this operation gestalt, not only the ingredient that has insulation but

the ingredient which has conductivity can be used, and the selection range of the ingredient of the tension film 90 will spread.

[0075] In addition, although the bottom electrode layer 60 was used as the individual electrode of each piezo electric crystal active section 320 and the top electrode layer 80 was used as the common electrode with this operation gestalt, it cannot be overemphasized that it is good also considering the top electrode layer 80 as an individual electrode, not being limited to this but, using the bottom electrode layer 60 as a common electrode, of course.

[0076] (Operation gestalt 3) Drawing 11 is the important section top view and sectional view of an ink jet type recording head concerning the operation gestalt 3.

[0077] The tension film 90 is the example which served as the top electrode layer 80, and this operation gestalt is the same as the operation gestalt 2 except having considered as the common electrode of the piezo electric crystal active section 320 while forming the tension film 90 (top electrode layer 80) with this operation gestalt succeeding the piezo electric crystal active section 320 top installed crosswise, as shown in drawing 11.

[0078] In addition, this configuration can form the tension film 90 (top electrode layer 80) for the piezo electric crystal film 70 after patterning, and can form it by carrying out patterning only of the tension film 90 (top electrode layer 80) after that.

[0079] Moreover, also in such a configuration, as shown in drawing 12 (a), before pressure generating room 12 formation, the bottom electrode layer 60 and the piezo electric crystal film 70 reach, the tension film 90 (top electrode layer 80) has tensile stress  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$ , and  $\sigma_5$ , respectively, and elastic membrane 50 and the insulator film 55 have compressive stress  $\sigma_4$  and  $\sigma_6$ . As shown in drawing 12 (b), when the pressure generating room 12 is formed under the piezo electric crystal active section 320, therefore, with this operation gestalt The force in which the stress of elastic membrane 50, the insulator film 55, and the tension film 90 (top electrode layer 80) was released acts in the direction which pulls the piezo electric crystal film 70 to acting in the direction in which the force in which the stress of the bottom electrode layer 60 and the piezo electric crystal film 70 was released compresses the piezo electric crystal film 70.

[0080] Thus, with the configuration of this operation gestalt, since the tension film 90 served as the top electrode layer 80 and the force of acting in the direction which the force of acting in the direction which compresses the piezo electric crystal film 70 decreases, namely, pulls the piezo electric crystal film 70 relatively increases, lowering of the piezo-electric property of the piezo electric crystal film 70 can be suppressed further.

[0081] (Other operation gestalten) Although each operation gestalt of this invention was explained above, the fundamental configuration of an ink jet type recording head is not limited to what was mentioned above.

[0082] For example, it is good also considering the common ink room formation plate 30 besides the closure plate 20 mentioned above as a product made from crystallized glass, and it is still better also as a product made from crystallized glass, using the light-gage film 41 as another member, and modification of an ingredient, structure, etc. is free.

[0083] Moreover, with the operation gestalt mentioned above, although the nozzle orifice is formed in the end face of the passage formation substrate 10, the nozzle orifice which projects in the direction vertical to a field may be formed.

[0084] Thus, the cross section of drawing 13 and its passage is shown for the decomposition perspective view of the constituted operation gestalt in drawing 14, respectively. With this operation gestalt, a nozzle orifice 11 is drilled by the reverse nozzle substrate 45 with a piezoelectric device, and the nozzle free passage opening 22 which opens these nozzle orifices 11 and the pressure generating room 12 for free passage is arranged so that the closure plate 20, the common ink room formation plate 30, light-gage plate 41A, and ink room side plate 40A may be penetrated.

[0085] In addition, it is the same as that of the operation gestalt fundamentally mentioned above except this operation gestalt having, used light-gage plate 41A and ink room side plate 40A as another member in addition to this, and having formed opening 40b in the ink room side plate 40, and the explanation which gives the same sign to the same member and overlaps is omitted.

[0086] Like the operation gestalt mentioned above, by forming the tension film 90, lowering of the piezo-electric property of the piezo electric crystal film 70 is suppressed, and the good ink regurgitation can be realized also in this operation gestalt.

[0087] Moreover, of course, it is applicable also like the ink jet type recording head of the type in which the common ink room was formed in the passage formation substrate.

[0088] furthermore — for example, — without it prepares an insulator layer between a piezoelectric device and a lead electrode or prepares an insulator layer — each up electrode — the anisotropy electric conduction film — heat welding — carrying out — connecting this anisotropy electric conduction film with a lead electrode \*\*\*\* — in addition, it is good also as a configuration connected using various bonding techniques, such as wirebonding.

[0089] Thus, this invention is applicable to the ink jet type recording head of various structures, unless it is contrary to the meaning.

[0090] Moreover, the ink jet type recording head of each [ these ] operation gestalt constitutes some recording head units possessing an ink cartridge etc. and ink passage open for free passage, and is carried in an ink jet type recording device. Drawing 15 is the schematic diagram showing an example of the ink jet type recording device.

[0091] As shown in drawing 15, the carriage 3 which was formed removable and carried these recording head units 1A and 1B is formed free [ shaft-orientations migration on the carriage shaft 5 with which cartridge 2A and 2B from which the recording head units 1A and 1B which have an ink jet type recording head constitute an ink supply means were attached in the body 4 of equipment ]. These recording head units 1A and 1B shall carry out the regurgitation of a black ink constituent and the color ink constituent, respectively, for example.

[0092] And the carriage 3 carrying the recording head units 1A and 1B is moved in accordance with the carriage shaft 5 by being transmitted to carriage 3 through two or more gearings and timing belts 7 which the driving force of a drive motor 6 does not illustrate. On the other hand, along with carriage 3, the platen 8 is formed in the body 4 of equipment. Record sheet S which is record media, such as paper to which can rotate now with the driving force of the paper feed motor which is not illustrated, and paper was fed with the feed roller etc., winds this platen 8 around a platen 8, it is hung, and is conveyed.

[0093]

[Effect of the Invention] By this invention, as explained above, since the tension film was prepared in the crosswise both sides of the piezo electric crystal film, in case a pressure generating room is formed, it acts in the direction in which the force in which the stress of the tension film is released pulls the piezo electric crystal film, lowering of the piezo-electric property of the piezo electric crystal film is suppressed, and ink dischargeability ability can be improved substantially.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the decomposition perspective view of the ink jet type recording head concerning the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the ink jet type recording head concerning the operation gestalt 1 of this invention, and is the top view and sectional view of drawing 1.

[Drawing 3] It is the perspective view showing the modification of the closure plate of drawing 1.

[Drawing 4] It is the sectional view showing the thin-film-fabrication process of the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 5] It is the sectional view showing the thin-film-fabrication process of the operation gestalt 1 of this invention.

[Drawing 6] It is the sectional view showing the condition of the force which the piezo electric crystal active section of the operation gestalt 1 of this invention receives at the time of pressure generating room formation.

[Drawing 7] It is the sectional view showing the condition of the force which the conventional piezo electric crystal active section receives at the time of pressure generating room formation.

[Drawing 8] It is the important section top view and sectional view of an ink jet type recording head concerning the operation gestalt 2 of this invention.

[Drawing 9] It is the sectional view showing the thin-film-fabrication process of the operation gestalt 2 of this invention.

[Drawing 10] It is the sectional view showing the condition of the force which the piezo electric crystal active section of the operation gestalt 2 of this invention receives at the time of pressure generating room formation.

[Drawing 11] It is the important section top view and sectional view of an ink jet type recording head concerning the operation gestalt 3 of this invention.

[Drawing 12] It is the sectional view showing the condition of the force which the piezo electric crystal active section of the operation gestalt 3 of this invention receives at the time of pressure generating room formation.

[Drawing 13] It is the decomposition perspective view of the ink jet type recording head concerning other operation gestalten of this invention.

[Drawing 14] It is the important section sectional view of the ink jet type recording head concerning other operation gestalten of this invention.

[Drawing 15] It is the schematic diagram of the ink jet type recording device concerning 1 operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

10 Passage Formation Substrate

11 Nozzle Orifice

12 Pressure Generating Room

50 Elastic Membrane

60 Bottom Electrode Layer

70 Piezo Electric Crystal Film

80 Upper Electrode Layer  
90 Tension Film  
300 Piezoelectric Device  
320 Piezo Electric Crystal Active Section

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-141644  
(P2000-141644A)

(43) 公開日 平成12年5月23日 (2000.5.23)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターム(参考)
B 4 1 J	2/045	B 4 1 J	3/04
	2/055		1 0 3 A
	2/16		2 C 0 5 7
			1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-314585  
(22) 出願日 平成10年11月5日 (1998. 11. 5)

(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
(72) 発明者 島田 勝人  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
(74) 代理人 100101236  
弁理士 栗原 浩之  
F ターム(参考) 20057 AF99 AG09 AG12 AG44 AG55  
AP02 AP12 AP14 AP22 AP24  
AP31 AP34 AP52 AP56 AP58  
AQ02 BA03 BA14

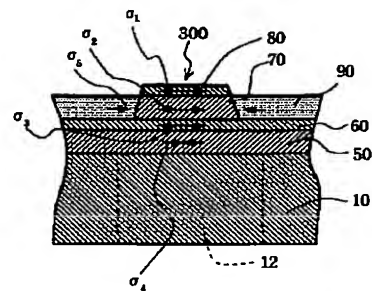
(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置

(57) 【要約】

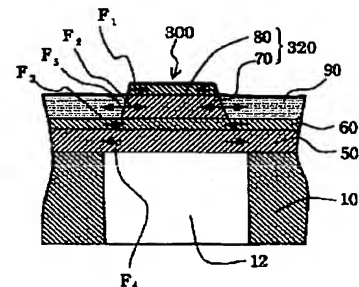
【課題】 圧電体層の圧電特性の低下を抑えたインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置を提供する。

【解決手段】 ノズル開口に連通する圧力発生室12の一部を構成する振動板を介して前記圧力発生室12に対応する領域に下電極60、圧電体層70及び上電極80を有する圧電素子300を形成したインクジェット式記録ヘッドにおいて、前記圧電素子300を構成する前記圧電体層70の幅方向両側の端部を前記圧力発生室12に対向する領域内に位置し、当該圧電体層70の少なくとも幅方向両側に、引張り応力を有する引張り膜90を連続的に設け、圧電体層70の圧電特性の低下を抑える。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル開口に連通する圧力発生室の一部を構成する振動板を介して前記圧力発生室に対応する領域に下電極、圧電体層及び上電極を有する圧電素子を形成したインクジェット式記録ヘッドにおいて、前記圧電素子を構成する前記圧電体層の幅方向両側の端部が前記圧力発生室に対向する領域内に位置し、当該圧電体層の少なくとも幅方向両側には、引張り応力を有する引張り膜が連続的に設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項2】 請求項1において、前記引張り膜は、前記圧電体層の幅方向両端側の端面に接触して設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項3】 請求項1において、前記引張り膜は、前記圧電体層及び前記上電極の幅方向両端側の端面に接触して設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項4】 請求項3において、前記引張り膜は、前記上電極の上面を覆っていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項5】 請求項1において、前記引張り膜は絶縁性の材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項6】 請求項1～5の何れかにおいて、前記引張り膜は耐環境保護膜を兼ねることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項7】 請求項1～6の何れかにおいて、前記引張り膜は層間絶縁膜を兼ねることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項8】 請求項1～4の何れかにおいて、前記引張り膜は有機材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項9】 請求項1～4の何れかにおいて、前記引張り膜は導電性の材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項10】 請求項1において、前記引張り膜は上電極を兼ねることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項11】 請求項1～10の何れかにおいて、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項12】 請求項1～11の何れかのインクジェット式記録ヘッドを具備することを特徴とするインクジェット式記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構

成し、この振動板を介して圧電素子を設け、この圧電素子の変位によりインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドには、圧電素子の軸方向に伸長、収縮する縦振動モードの圧電素子を使用したものと、撓み振動モードの圧電素子を使用したものの2種類が実用化されている。

【0003】 前者は圧電素子の端面を振動板に当接させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、高密度印刷に適したヘッドの製作が可能である反面、圧電素子をノズル開口の配列ピッチに一致させて櫛歯状に切り分けるといった困難な工程や、切り分けられた圧電素子を圧力発生室に位置決めして固定する作業が必要となり、製造工程が複雑であるという問題がある。

【0004】 これに対して後者は、圧電材料のグリーンシートを圧力発生室の形状に合わせて貼付し、これを焼成するという比較的簡単な工程で振動板に圧電素子を作り付けることができるものの、撓み振動を利用する関係上、ある程度の面積が必要となり、高密度配列が困難であるという問題がある。

【0005】 一方、後者の記録ヘッドの不都合を解消すべく、特開平5-286131号公報に見られるように、振動板の表面全体に亘って成膜技術により均一な圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて各圧力発生室毎に独立するように圧電素子を形成したものが提案されている。

【0006】 これによれば圧電素子を振動板に貼付ける作業が不要となって、リソグラフィ法という精密で、かつ簡便な手法で圧電素子を作り付けることができるばかりでなく、圧電素子の厚みを薄くできて高速駆動が可能になるという利点がある。なお、この場合、圧電材料層は振動板の表面全体に設けたままで少なくとも上電極のみを各圧力発生室毎に設けることにより、各圧力発生室に対応する圧電素子を駆動することができる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した薄膜技術およびリソグラフィ法による製造方法では、薄膜のパターニング後に圧力発生室を形成するが、その際、圧電体層の内部応力が緩和され、また、下電極の内部応力の影響により圧電体層の引張り力が弱められ、圧電特性が低下して吐出特性が低下するという問題がある。特に、圧電体層の両側に圧縮膜が存在する場合に圧電特性が低下し易い。

【0008】 本発明はこのような事情に鑑み、圧電体層



の圧電特性の低下を抑えたインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の第1の態様は、ノズル開口に連通する圧力発生室の一部を構成する振動板を介して前記圧力発生室に対応する領域に下電極、圧電体層及び上電極を有する圧電素子を形成したインクジェット式記録ヘッドにおいて、前記圧電素子を構成する前記圧電体層の幅方向両側の端部が前記圧力発生室に対向する領域内に位置し、当該圧電体層の少なくとも幅方向両側には、引張り応力を有する引張り膜が連続的に設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0010】かかる第1の態様では、圧電体層に引張り膜の張力が作用し、圧電特性が維持される。

【0011】本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記引張り膜は、前記圧電体層の幅方向両端側の端面に接触して設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0012】かかる第2の態様では、圧電体層が、引張り膜によって幅方向に確実に引っ張られる。

【0013】本発明の第3の態様は、第1の態様において、前記引張り膜は、前記圧電体層及び前記上電極の幅方向両端側の端面に接触して設けられていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0014】かかる第3の態様では、より強い引張り膜の張力が圧電体層に作用する。

【0015】本発明の第4の態様は、第3の態様において、前記引張り膜は、前記上電極の上面を覆っていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0016】かかる第4の態様では、引張り膜を容易に形成することができる。

【0017】本発明の第5の態様は、第1の態様において、前記引張り膜は絶縁性の材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0018】かかる第5の態様では、上電極の絶縁を保つことができる。

【0019】本発明の第6の態様は、第1～5の何れかの態様において、前記引張り膜は耐環境保護膜を兼ねることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0020】かかる第6の態様では、圧電体駆動部及び弾性膜が外部環境から保護される。

【0021】本発明の第7の態様は、第1～6の何れかの態様において、前記引張り膜は層間絶縁膜を兼ねることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0022】かかる第7の態様では、圧電素子とリード電極とが圧力発生室に対向する領域のコンタクトホール内で接続される。

【0023】本発明の第8の態様は、第1～4の何れか

の態様において、前記引張り膜は有機材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0024】かかる第8の態様では、引張り応力を有し且つ下電極に有効に張力を与える引張り膜を形成できる。

【0025】本発明の第9の態様は、第1～4の何れかの態様において、前記引張り膜は導電性の材料からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0026】かかる第9の態様では、引張り応力を有する膜の材質を選択できる。

【0027】本発明の第10の態様は、第1の態様において、前記引張り膜は上電極を兼ねることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0028】かかる第10の態様では、上電極は共通電極になる。

【0029】本発明の第11の態様は、第1～10の何れかの態様において、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電素子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0030】かかる第11の態様では、高密度のノズル開口を有するインクジェット式記録ヘッドを大量に且つ比較的容易に製造することができる。

【0031】本発明の第12の態様は、第1～11の何れかの態様のインクジェット式記録ヘッドを具備することを特徴とするインクジェット式記録装置にある。

【0032】かかる第12の態様では、ヘッドの吐出特性を向上したインクジェット式記録装置を実現することができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0034】（実施形態1）図1は、本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドを示す分解斜視図であり、図2は、平面図及びその1つの圧力発生室の長手方向における断面構造を示す図である。

【0035】図示するように、流路形成基板10は、本実施形態では面方位（110）のシリコン単結晶基板からなる。流路形成基板10としては、通常、150～300 $\mu$ m程度の厚さのものが用いられ、望ましくは180～280 $\mu$ m程度、より望ましくは220 $\mu$ m程度の厚さのものが好適である。これは、隣接する圧力発生室間の隔壁の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。

【0036】流路形成基板10の一方の面は開口面となり、他方の面には予め熱酸化により形成した二酸化シリコンからなる、厚さ0.1～2 $\mu$ mの弾性膜50が形成されている。

【0037】一方、流路形成基板10の開口面には、シ

リコン単結晶基板を異方性エッチングすることにより、ノズル開口11、圧力発生室12が形成されている。

【0038】ここで、異方性エッチングは、シリコン単結晶基板を水酸化カリウム等のアルカリ溶液に浸漬すると、徐々に侵食されて(110)面に垂直な第1の(111)面と、この第1の(111)面と約70度の角度をなし且つ上記(110)面と約35度の角度をなす第2の(111)面とが出現し、(110)面のエッチングレートと比較して(111)面のエッチングレートが約1/180であるという性質を利用して行われるものである。かかる異方性エッチングにより、二つの第1の(111)面と斜めの二つの第2の(111)面とで形成される平行四辺形状の深さ加工を基本として精密加工を行うことができ、圧力発生室12を高密度に配列することができる。

【0039】本実施形態では、各圧力発生室12の長辺を第1の(111)面で、短辺を第2の(111)面で形成している。この圧力発生室12は、流路形成基板10をほぼ貫通して弾性膜50に達するまでエッチングすることにより形成されている。なお、弾性膜50は、シリコン単結晶基板をエッチングするアルカリ溶液に侵される量がきわめて小さい。

【0040】一方、各圧力発生室12の一端に連通する各ノズル開口11は、圧力発生室12より幅狭く且つ浅く形成されている。すなわち、ノズル開口11は、シリコン単結晶基板を厚さ方向に途中までエッチング(ハーフエッチング)することにより形成されている。なお、ハーフエッチングは、エッチング時間の調整により行われる。

【0041】ここで、インク滴吐出圧力をインクに与える圧力発生室12の大きさと、インク滴を吐出するノズル開口11の大きさと、吐出するインク滴の量、吐出スピード、吐出周波数に応じて最適化される。例えば、1インチ当たり360個のインク滴を記録する場合、ノズル開口11は数十 $\mu\text{m}$ の溝幅で精度よく形成する必要がある。

【0042】また、各圧力発生室12と後述する共通インク室31とは、後述する封止板20の各圧力発生室12の一端部に対応する位置にそれぞれ形成されたインク供給連通口21を介して連通されており、インクはこのインク供給連通口21を介して共通インク室31から供給され、各圧力発生室12に分配される。

【0043】封止板20は、前述の各圧力発生室12に対応したインク供給連通口21が穿設された、厚さが例えば、0.1~1mmで、線膨張係数が300℃以下で、例えば2.5~4.5 $[\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}]$ であるガラスセラミックスからなる。なお、インク供給連通口21は、図3(a)、(b)に示すように、各圧力発生室12のインク供給側端部の近傍を横断する一つのスリット孔21Aでも、あるいは複数のスリット孔21Bであっ

てもよい。封止板20は、一方の面で流路形成基板10の一面を全面的に覆い、シリコン単結晶基板を衝撃や外力から保護する補強板の役目も果たす。また、封止板20は、他面で共通インク室31の一壁面を構成する。

【0044】共通インク室形成基板30は、共通インク室31の周壁を形成するものであり、ノズル開口数、インク滴吐出周波数に応じた適正な厚みのステンレス板を打ち抜いて作製されたものである。本実施形態では、共通インク室形成基板30の厚さは、0.2mmとしている。

【0045】インク室側板40は、ステンレス基板からなり、一方の面で共通インク室31の一壁面を構成するものである。また、インク室側板40には、他方の面の一部にハーフエッチングにより凹部40aを形成することにより薄肉壁41が形成され、さらに、外部からのインク供給を受けるインク導入口42が打抜き形成されている。なお、薄肉壁41は、インク滴吐出の際に発生するノズル開口11と反対側へ向かう圧力を吸収するためのもので、他の圧力発生室12に、共通インク室31を経由して不要な正又は負の圧力が加わるのを防止する。本実施形態では、インク導入口42と外部のインク供給手段との接続時等に必要な剛性を考慮して、インク室側板40を0.2mmとし、その一部を厚さ0.02mmの薄肉壁41としているが、ハーフエッチングによる薄肉壁41の形成を省略するために、インク室側板40の厚さを初めから0.02mmとしてもよい。

【0046】一方、流路形成基板10の開口面とは反対側の弾性膜50の上には、厚さが例えば、約0.5 $\mu\text{m}$ の下電極膜60と、厚さが例えば、約1 $\mu\text{m}$ の圧電体膜70と、厚さが例えば、約0.1 $\mu\text{m}$ の上電極膜80とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電素子300を構成している。ここで、圧電素子300は、下電極膜60、圧電体膜70、及び上電極膜80を含む部分という。一般的には、圧電素子300の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体膜70を各圧力発生室12毎にパターンニングして構成する。そして、ここではパターンニングされた何れか一方の電極及び圧電体膜70から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体駆動部320という。本実施形態では、下電極膜60は圧電素子300の共通電極とし、上電極膜80を圧電素子300の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。何れの場合においても、各圧力発生室毎に圧電体駆動部が形成されていることになる。また、ここでは、圧電素子300と当該圧電素子300の駆動により変位が生じる振動板と合わせて圧電アクチュエータと称する。なお、本実施形態では、下電極膜60及び弾性膜50が振動板として作用する。

【0047】ここで、シリコン単結晶基板からなる流路形成基板10上に、圧電体膜70等を形成するプロセス

を図4を参照しながら説明する。

【0048】図4(a)に示すように、まず、流路形成基板10となるシリコン単結晶基板のウェハを約1100°Cの拡散炉で熱酸化して二酸化シリコンからなる弾性膜50を形成する。

【0049】次に、図4(b)に示すように、スパッタリングで下電極膜60を形成する。この下電極膜60の材料としては、白金等が好適である。これは、スパッタリング法やゾルーゲル法で成膜する後述の圧電体膜70は、成膜後に大気雰囲気下又は酸素雰囲気下で600~1000°C程度の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下電極膜60の材料は、このような高温、酸化雰囲気下で導電性を保持できなければならない、殊に、圧電体膜70としてチタン酸ジルコン酸鉛を用いた場合には、酸化鉛の拡散による導電性の変化が少ないことが望ましく、これらの理由から白金が好適である。

【0050】次に、図4(c)に示すように、圧電体膜70を成膜する。この圧電体膜70の成膜にはスパッタリング法を用いることもできるが、本実施形態では、金属有機物を溶媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体膜70を得る、いわゆるゾルーゲル法を用いている。圧電体膜70の材料としては、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)系の材料がインクジェット式記録ヘッドに使用する場合には好適である。

【0051】次に、図4(d)に示すように、上電極膜80を成膜する。上電極膜80は、導電性の高い材料であればよく、アルミニウム、金、ニッケル、白金等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。本実施形態では、白金をスパッタリングにより成膜している。

【0052】次に、図5(a)に示すように、圧電体膜70及び上電極膜80をエッチングして圧電体能動部320のパターニングを行う。

【0053】このとき、本実施形態では、圧電体膜70及び上電極膜80を、圧電体能動部320の長手方向一端部から圧力発生室12の周壁上まで連続的にパターニングして、上電極膜80を各圧電体能動部320の個別電極とし、下電極膜60を共通電極としている。

【0054】次に、図5(b)に示すように、引張り膜90を成膜する。引張り膜90は絶縁性の材料で且つ膜形成後に引張り応力を有する材料が望ましく、ポリイミド樹脂及びフッ素樹脂等の有機膜、並びに酸化チタン及び酸化ジルコニウム等の酸化膜が使用できる。

【0055】さらに、図5(c)に示すように、引張り膜90をエッチングして圧電体能動部320の上の引張り膜を除去する。これにより、圧電体能動部320の変位量の向上を図っている。

【0056】以上が膜形成プロセスである。このようにして膜形成を行った後、図5(d)に示すように、前述

したアルカリ溶液によるシリコン単結晶基板の異方性エッチングを行い、圧力発生室12等を形成する。このときの圧電体能動部320が受ける力の状態を以下に説明する。なお、図6は、圧力発生室12をエッチングにより形成前後の各層に発生する応力の状態を模式的に示した図である。

【0057】図6(a)に示すように、圧力発生室12形成前には、下電極膜60、圧電体膜70、上電極膜80及び引張り膜90はそれぞれ引張り応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_5$ を有し、弾性膜50は圧縮応力 $\sigma_4$ を有している。そのため、図6(b)に示すように、圧電体能動部320の下方に圧力発生室12を形成すると、下電極膜60、圧電体膜70上電極膜80の引張り応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ が解放されて圧縮方向に作用する力 $F_3$ 、 $F_2$ 、 $F_1$ となり、弾性膜50の圧縮応力 $\sigma_4$ は解放されて引張り方向に作用する力 $F_4$ 、すなわち、圧電体膜70を引っ張る方向に作用する力となる。また、引張り膜90の引張り応力 $\sigma_5$ も解放されて圧縮方向に作用する力 $F_5$ となるが、引張り膜90は、圧電体膜70の幅方向両側に設けられているため、圧力発生室12に対向する領域では、実質的に圧電体膜70を引っ張る方向に作用する力となる。このように、圧電体膜70には、従来よりも引張り方向の力が強く作用するため、圧電体膜70の圧電特性の低下を抑えることができる。また、好適な条件では、圧電体膜70の本来の圧電特性を維持することができる。

【0058】なお、引張り膜90が形成されていない場合には、図7(a)に示すように、圧力発生室12の形成前に、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80はそれぞれ引張り応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ を有しているのので、圧力発生室12を形成すると、図7(b)に示すように、引張り応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ は解放されて圧縮力 $F_3$ 、 $F_2$ 、 $F_1$ となる。すなわち、圧電体膜70には、強い圧縮方向の力が作用し、圧電特性が低下してしまう。

【0059】以上説明した一連の膜形成及び異方性エッチングは、一枚のウェハ上に多数のチップを同時に形成し、プロセス終了後、図1に示すような一つのチップサイズの流路形成基板10毎に分割する。また、分割した流路形成基板10を、封止板20、共通インク室形成基板30、及びインク室側板40と順次接着して一体化し、インクジェット式記録ヘッドとする。

【0060】このように構成したインクジェットヘッドは、図示しない外部インク供給手段と接続したインク導入口42からインクを取り込み、共通インク室31からノズル開口11に至るまで内部をインクで満たした後、図示しない外部の駆動回路からの記録信号に従い、上電極膜80と下電極膜60との間に電圧を印加し、弾性膜50、下電極膜60及び圧電体膜70を撓み変形させることにより、圧力発生室12内の圧力が高まりノズル開

口11からインク滴が吐出する。

【0061】なお、本実施形態では、圧電体能動部320上の引張り膜90を除去して、圧電体膜70の幅方向両側のみに設けるようにしたが、これに限定されず、例えば、引張り膜90を各圧電体能動部320に亘って、連続的に設けるようにしてもよい。この場合には、引張り膜90が耐環境（耐湿）保護膜を兼ねるようにしてもよく、これにより、圧電体膜70の圧電特性の低下を抑えることができる。

【0062】また、引張り膜90が層間絶縁膜を兼ねるようにしてもよく、この場合には、引張り膜90の各圧電体能動部320の一端部に対応する部分の上面を覆う部分の一部に、外部と接続するために上電極膜80の一部を露出させる図示しないコンタクトホールを形成し、このコンタクトホールを介して各上電極膜80に駆動信号を供給できるようにしてもよい。

【0063】（実施形態2）図8は、実施形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの要部平面図及び断面図である。

【0064】本実施形態では、図8に示すように、下電極膜60は、その幅方向両端部が圧力発生室12に対向する領域内に位置するようにパターンニングされ、また、圧力発生室12の長手方向一端部から周壁上まで延設されて、各圧電体能動部320の個別電極となっている。また、この下電極膜60上には、下電極膜60の幅方向両端部を覆って圧電体膜70が形成され、その幅方向両側には、実施形態1と同様に、引張り応力を有する引張り膜90が上電極膜80とは接触することなく形成されている。

【0065】一方、上電極膜80は、圧電体能動部320の長手方向一端部から圧力発生室12の周壁上まで延設され、各圧電体能動部320から延設され上電極膜と連結されて共通電極となっている。

【0066】なお、本実施形態では、下電極膜60をパターンニングしているため、振動板を弾性膜50及び絶縁体膜55で構成するようにし、振動板の強度を保持するようにしている。

【0067】このような本実施形態のインクジェット式記録ヘッドの製造方法は、特に限定されないが、本実施形態では、以下のように形成した。

【0068】まず、図9（a）に示すように、実施形態1と同様に流路形成基板10上に形成した弾性膜50上に絶縁体膜55を形成する。この絶縁体膜55は、圧電体膜70との密着性の良好な材料、例えば、圧電体膜70の構成元素から選択される少なくとも一種の元素の酸化物又は窒化物で形成されることが好ましい。本実施形態では、弾性膜50上にジルコニウム層を形成後、例えば、約1150℃の拡散炉で熱酸化して二酸化ジルコニウムからなる絶縁体膜55とした。

【0069】次に、図9（b）に示すように、スパッタ

リングで下電極膜60を形成し、圧力発生室12に対応する領域に、少なくとも幅方向両側の端部が圧力発生室12に対向する領域内に位置するようにパターンニングする。

【0070】次に、図9（c）に示すように、圧電体膜70及び上電極膜80を成膜及びパターンニングして圧電体能動部320を形成する。このとき、圧電体膜70が少なくとも下電極膜60の幅方向両端の側面を覆い且つ圧電体膜70の幅方向両端が圧力発生室12に対向する領域内に位置するようにパターンニングする。

【0071】次いで、図9（d）に示すように、引張り膜90を成膜後、圧電体能動部320上の引張り膜90を除去して、圧電体膜70の幅方向両側のみに上電極膜80に接触しないようにパターンニングする。

【0072】その後、流路形成基板10をエッチングして圧力発生室12を形成するが、そのとき本実施形態の圧電体能動部320にかかる力の状態を以下に示す。

【0073】図10（a）に示すように、圧力発生室12形成前には、下電極膜60、圧電体膜70、上電極膜80及び引張り膜90はそれぞれ引張り応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_5$ を有し、弾性膜50及び絶縁体膜55は圧縮応力 $\sigma_4$ 及び $\sigma_6$ を有している。そのため、図10（b）に示すように、圧電体能動部320の下方に圧力発生室12を形成すると、実施形態1と同様に、弾性膜50、絶縁体膜55及び引張り膜90の応力が解放された力が、圧電体膜70を引っ張る方向に作用する。

【0074】したがって、本実施形態においても、実施形態1と同様、圧電体膜70の圧電特性の低下を抑えることができる。また、本実施形態では、下電極膜60の幅方向両側は圧電体膜70によって覆われているため、引張り膜90と下電極膜60との間は絶縁されている。そのため、引張り膜90は、本実施形態のように上電極膜80に接触しないように形成すれば、絶縁性を有する材料だけでなく、導電性を有する材料も用いることができ、引張り膜90の材料の選択範囲が広がる。

【0075】なお、本実施形態では、下電極膜60を各圧電体能動部320の個別電極とし、上電極膜80を共通電極としたが、これに限定されず、勿論、下電極膜60を共通電極として、上電極膜80を個別電極としてもよいことは言うまでもない。

【0076】（実施形態3）図11は、実施形態3に係るインクジェット式記録ヘッドの要部平面図及び断面図である。

【0077】本実施形態は、引張り膜90が上電極膜80を兼ねるようにした例であり、図11に示すように、本実施形態では、引張り膜90（上電極膜80）を幅方向に並設された圧電体能動部320上に連続して形成すると共に、圧電体能動部320の共通電極とした以外、実施形態2と同様である。

【0078】なお、この構成は、圧電体膜70をパター

ニング後に引張り膜90（上電極膜80）を成膜し、その後、引張り膜90（上電極膜80）のみをパターンニングすることにより形成することができる。

【0079】また、このような構成においても、図12（a）に示すように、圧力発生室12形成前には、下電極膜60、圧電体膜70および引張り膜90（上電極膜80）は、それぞれ引張り応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_5$ を有し、弾性膜50及び絶縁体膜55は圧縮応力 $\sigma_4$ 及び $\sigma_6$ を有している。そのため、図12（b）に示すように、圧電体膜70の下側に圧力発生室12を形成すると、本実施形態では、下電極膜60及び圧電体膜70の応力が解放された力が、圧電体膜70を圧縮する方向に作用するのに対し、弾性膜50、絶縁体膜55及び引張り膜90（上電極膜80）の応力が解放された力が、圧電体膜70を引っ張る方向に作用する。

【0080】このように、本実施形態の構成では、引張り膜90が上電極膜80を兼ねるようにしたので、圧電体膜70を圧縮する方向に作用する力が減少し、すなわち、相対的に、圧電体膜70を引っ張る方向に作用する力が増加するため、圧電体膜70の圧電特性の低下をさらに抑えることができる。

【0081】（他の実施形態）以上、本発明の各実施形態を説明したが、インクジェット式記録ヘッドの基本的構成は上述したものに限定されるものではない。

【0082】例えば、上述した封止板20の他、共通インク室形成板30をガラスセラミックス製としてもよく、さらには、薄片膜41を別部材としてガラスセラミックス製としてもよく、材料、構造等の変更は自由である。

【0083】また、上述した実施形態では、ノズル開口を流路形成基板10の端面に形成しているが、面に垂直な方向に突出するノズル開口を形成してもよい。

【0084】このように構成した実施形態の分解斜視図を図13、その流路の断面を図14にそれぞれ示す。この実施形態では、ノズル開口11が圧電素子とは反対のノズル基板45に穿設され、これらノズル開口11と圧力発生室12とを連通するノズル連通口22が、封止板20、共通インク室形成板30及び薄片板41A及びインク室側板40Aを貫通するように配されている。

【0085】なお、本実施形態は、その他、薄片板41Aとインク室側板40Aとを別部材とし、インク室側板40に開口40bを形成した以外は、基本的に上述した実施形態と同様であり、同一部材には同一符号を付して重複する説明は省略する。

【0086】この実施形態においても、上述した実施形態と同様に、引張り膜90を設けることにより圧電体膜70の圧電特性の低下が抑えられ、良好なインク吐出を実現することができる。

【0087】また、勿論、共通インク室を流路形成基板内に形成したタイプのインクジェット式記録ヘッドにも

同様に応用できる。

【0088】さらに、例えば、圧電素子とリード電極との間に絶縁体層を設けたり、絶縁体層を設けずに、各上電極に異方性導電膜を熱溶着し、この異方性導電膜をリード電極と接続したり、その他、ワイヤボンディング等の各種ボンディング技術を用いて接続したりする構成としてもよい。

【0089】このように、本発明は、その趣旨に反しない限り、種々の構造のインクジェット式記録ヘッドに適用することができる。

【0090】また、これら各実施形態のインクジェット式記録ヘッドは、インクカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成して、インクジェット式記録装置に搭載される。図15は、そのインクジェット式記録装置の一例を示す概略図である。

【0091】図15に示すように、インクジェット式記録ヘッドを有する記録ヘッドユニット1A及び1Bは、インク供給手段を構成するカートリッジ2A及び2Bが着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット1A及び1Bは、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。

【0092】そして、駆動モータ6の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト7を介してキャリッジ3に伝達されることで、記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3はキャリッジ軸5に沿って移動される。一方、装置本体4にはキャリッジ3に沿ってプラテン8が設けられている。このプラテン8は図示しない紙送りモータの駆動力により回転できるようになっており、給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シートSがプラテン8に巻き掛けられて搬送されるようになっている。

【0093】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、圧電体膜の幅方向両側に引張り膜を設けるようにしたので、圧力発生室を形成する際に、引張り膜の応力が解放される力が圧電体膜を引っ張る方向に作用し、圧電体膜の圧電特性の低下が抑えられ、実質的に、インク吐出性能を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

【図2】本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドを示す図であり、図1の平面図及び断面図である。

【図3】図1の封止板の変形例を示す斜視図である。

【図4】本発明の実施形態1の薄片製造工程を示す断面

図である。

【図5】本発明の実施形態1の薄膜製造工程を示す断面図である。

【図6】本発明の実施形態1の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける力の状態を示す断面図である。

【図7】従来の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける力の状態を示す断面図である。

【図8】本発明の実施形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの要部平面図及び断面図である。

【図9】本発明の実施形態2の薄膜製造工程を示す断面図である。

【図10】本発明の実施形態2の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける力の状態を示す断面図である。

【図11】本発明の実施形態3に係るインクジェット式記録ヘッドの要部平面図及び断面図である。

【図12】本発明の実施形態3の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける力の状態を示す断面図である。

【図13】本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

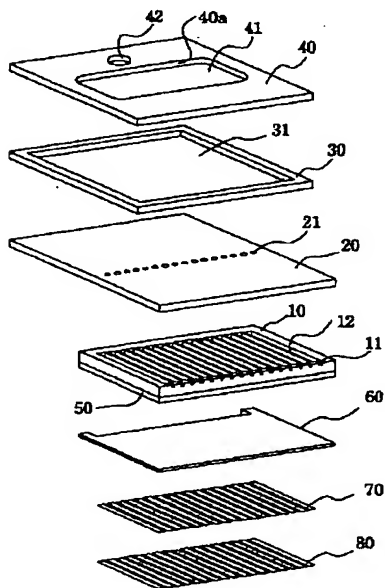
【図14】本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図15】本発明の一実施形態に係るインクジェット式記録装置の概略図である。

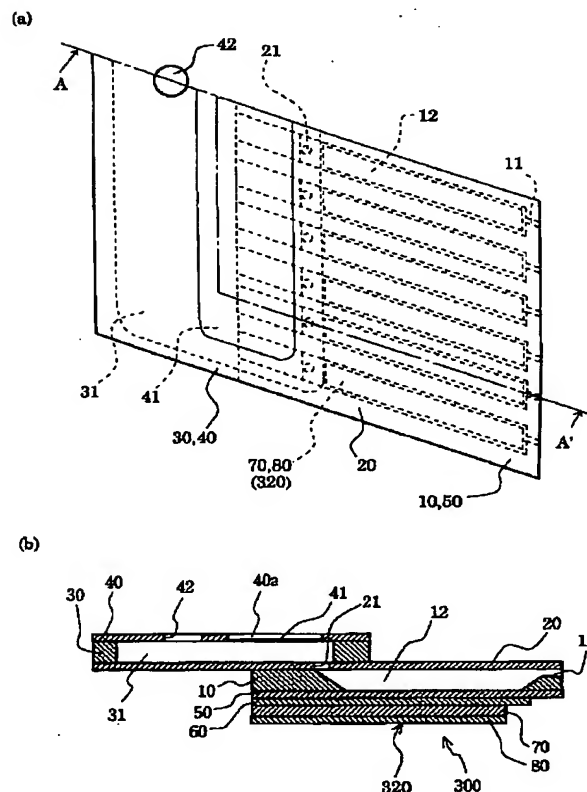
【符号の説明】

- 10 流路形成基板
- 11 ノズル開口
- 12 圧力発生室
- 50 弾性膜
- 60 下電極膜
- 70 圧電体膜
- 80 上電極膜
- 90 引張り膜
- 300 圧電素子
- 320 圧電体能動部

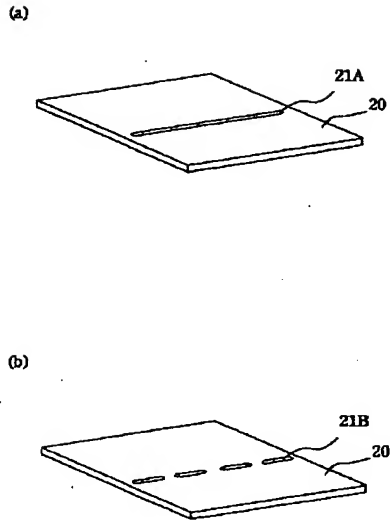
【図1】



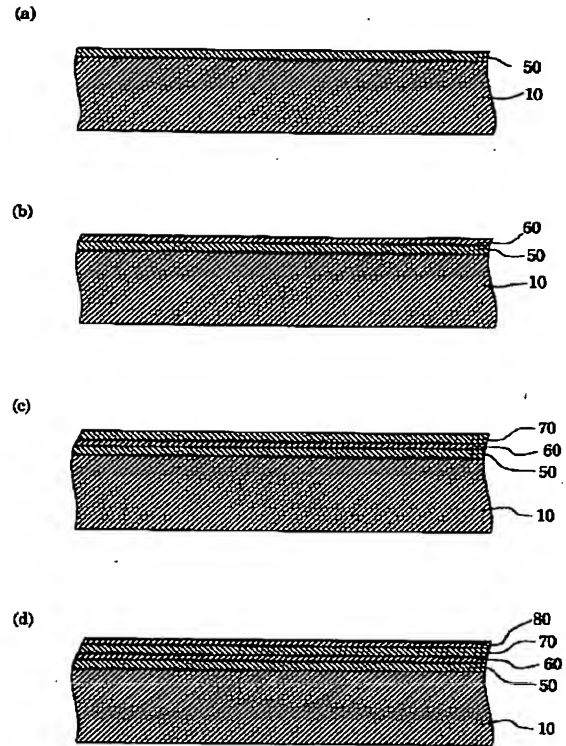
【図2】



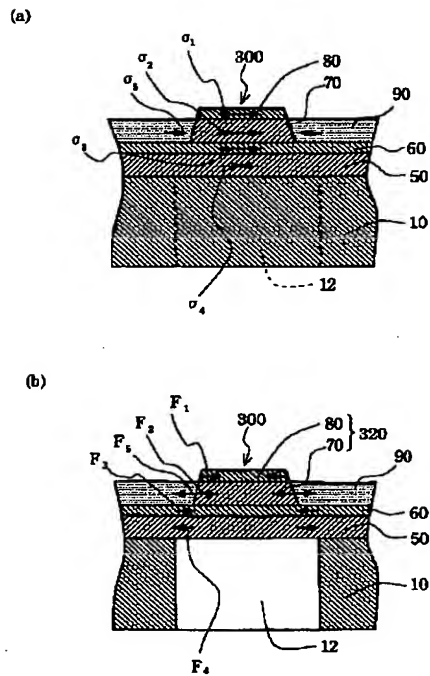
【図3】



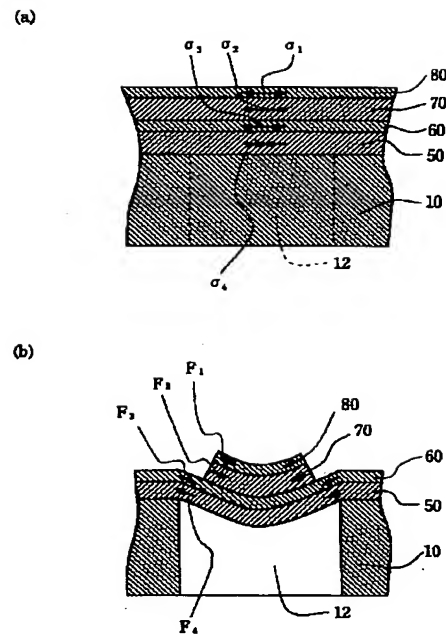
【図4】



【図6】

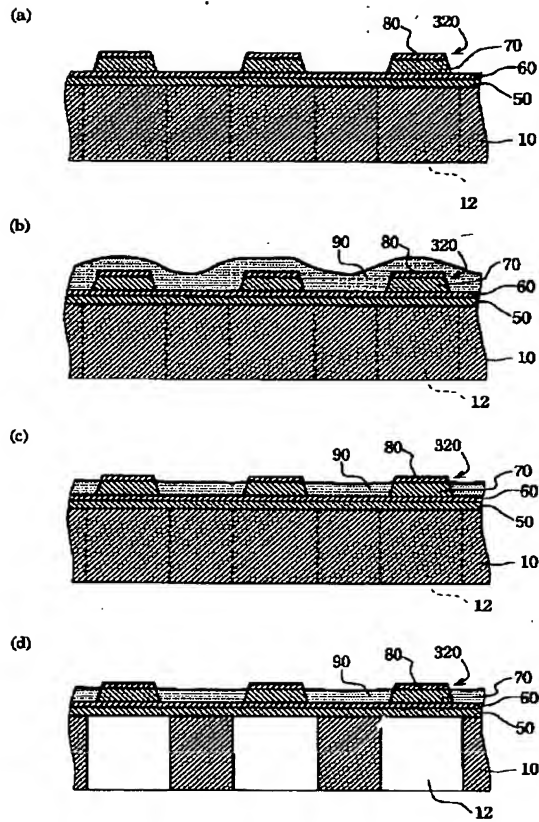


【図7】

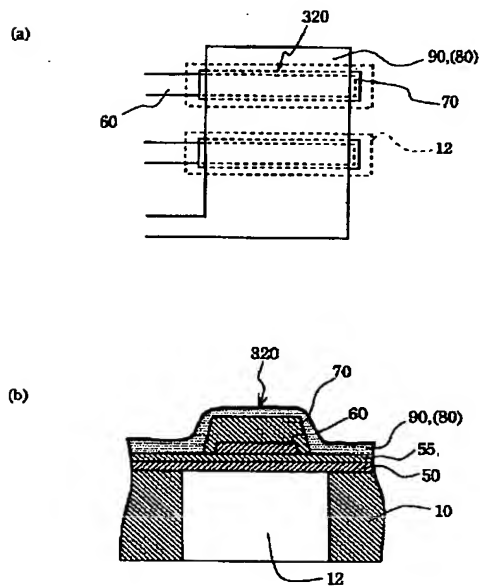




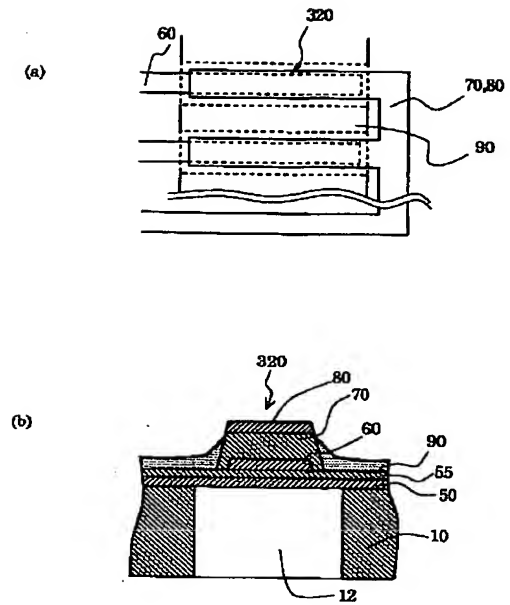
【図5】



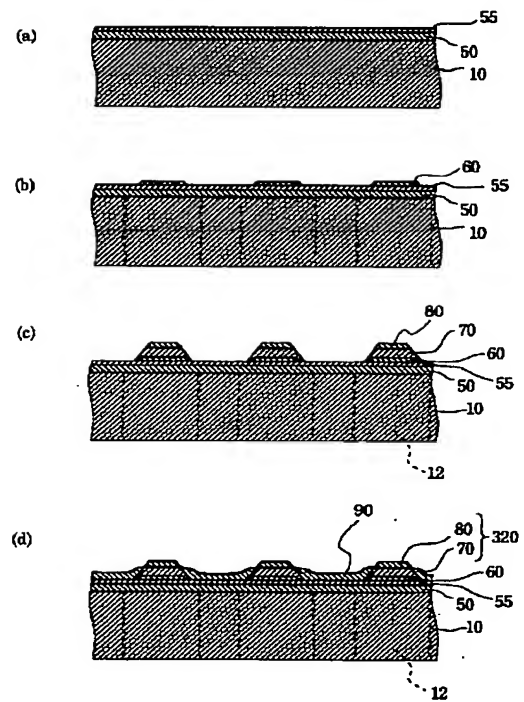
【図11】



【図8】

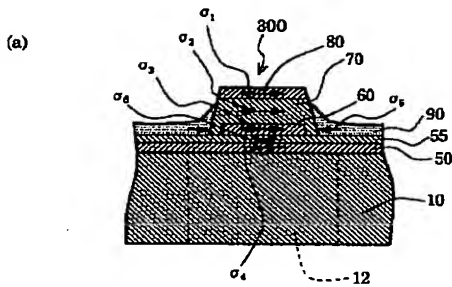


【図9】

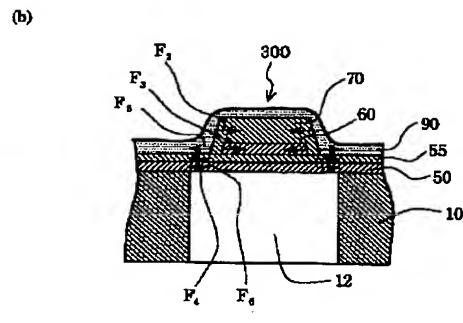
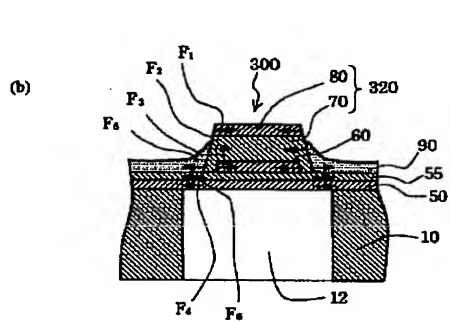
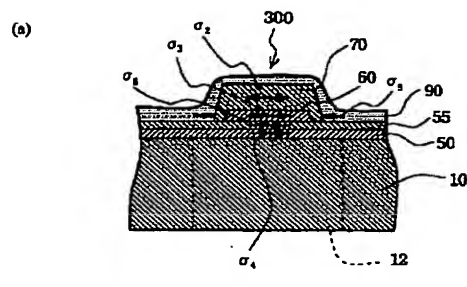




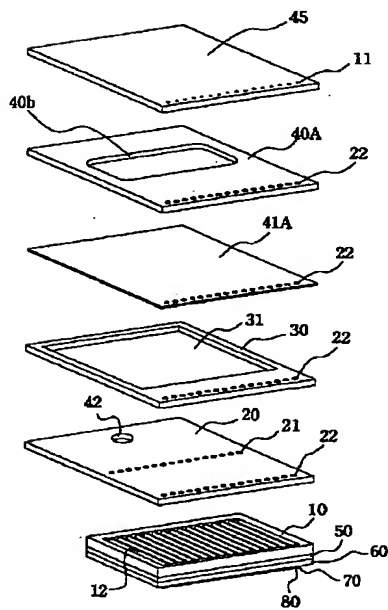
【図 10】



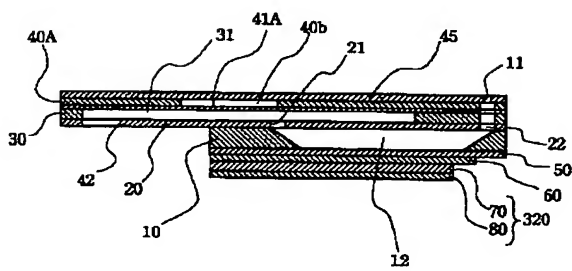
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【図 15】

